·论著·

“五点”皮瓣温度和“单点”皮瓣温度预测血管危象的准确性及临界值研究

蒋琪霞[1]，朱玉玲[1]，祝文君[2]，李秀芸[1]，谢郝婷[1]，王华军[1]，袁斯明[1*]

1.210002 江苏省南京市，解放军东部战区总医院烧伤整形科
2.661199 云南省红河州个旧市，红河州第一人民医院伤口造口治疗中心
*通信作者：袁斯明，主任医师；Email：yuansm@163.com

【摘要】 **背景** 皮瓣移植是手术修复各类伤口的常用方式，皮瓣温度反映了皮瓣的血液供应和静脉回流状况，有助于早期发现血管危象，但如何准确测量皮瓣温度及其对血管危象的具体预测作用尚不明确。**目的** 探讨“五点”和“单点”皮瓣温度差异及其预测血管危象的准确性与最佳临界值。**方法** 纳入 2021 年 1 月 ~2023 年 7 月接受皮瓣手术的成年住院患者，从手术后第 1 天开始，每 2 小时一次采用非接触式红外线测温仪按照皮瓣中心点、边缘 12 点、3 点、6 点、9 点的“五点法”测量皮瓣温度，距离每个部位 3cm 停顿 3 秒获取温度读数，取“五点”温度的平均值，与皮瓣中心点的单点温度比较，同时采用“棉签压迫法”监测皮瓣的毛细血管反应，观察皮瓣颜色，连续监测 5 天。**结果** 共纳入 66 例各类皮瓣手术患者，男、女各占 59.09%（39/66）和 40.91%（27/66），平均年龄（45.17 ± 16.77）岁，手术后 1–5 天的“五点”皮瓣温度和“单点”皮瓣温度的变化规律均为术后第 1 天温度最低，此后逐渐升高。血管危象发生率为 15.15%，主要发生于手术后 3 天内，“五点”皮瓣温度低于“单点”皮瓣温度（$P<0.001$）。绘制“五点”皮瓣温度和“单点”皮瓣温度预测血管危象的受试者工作特征曲线，结果显示“五点”皮瓣温度预测血管危象的曲线下面积为 0.87（95%*CI*：0.74，0.99），灵敏度和特异度为 90% 和 75%，约登指数为 0.65，最佳临界值为 35.96℃；“单点”皮瓣温度预测血管危象的曲线下面积为 0.76（95%*CI*：0.61，0.91），灵敏度和特异度为 70% 和 71%，约登指数为 0.41，最佳临界值为 36.18℃。**结论** “五点”皮瓣温度低于“单点”皮瓣温度，前者预测血管危象的准确性和真实性稍优于后者，临床采用“五点法”测量的皮瓣温度更准确。

【关键词】 皮瓣移植；温度测量；非接触式红外线测温仪；血管危象；预测
【中图分类号】 R 622.1 【文献标识码】 A DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0580

Accuracy and Cut-off Values of “Five Point” Flap Temperature and “Single Point” Flap Temperature in Predicting Vascular Crisis

JIANG Qixia[1]，*ZHU Yuling*[1]，*ZHU Wenjun*[2]，*LI Xiuyun*[1]，*XIE Haoting*[1]，*WANG Huajun*[1]，*YUAN Siming*[1*]
1.Department of Burns and Plastic Surgery，Eastern Theater General Hospital，PLA，Nanjing 210002，China
2.Wound，Stoma Care Center，The First Peopole Hospital of Honehe State，Yunnan，Gejiu 661199，China
**Corresponding author：YUAN Siming，Chief physician；E-mail：yuansm@163.com*

【Abstract】 **Background** Skin flap transplantation is a common method for surgical repair of various types of wounds. The temperature of the skin flap reflects the blood supply and venous reflux of it，which can help detect vascular crises in the early stage. However，how to accurately measure the temperature of skin flap and its specific predictive role in vascular crises remains unclear. **Objective** To explore the difference in flap temperature between the “five point” and “single point” flaps and their accuracy and optimal cut-off values in predicting vascular crisis. **Methods** Adult inpatients who underwent flap transplantation surgery from January 2021 to July 2023 were included. Beginning on day 1 after surgery，

基金项目：全军卫勤保障创新课题（20WQ027）；全军保健专项课题（21BJZ38）
引用本文：蒋琪霞，朱玉玲，祝文君等 .“五点”皮瓣温度和“单点”皮瓣温度预测血管危象的准确性及临界值研究［J］. 中国全科医学，2023. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0580.［Epub ahead of print］.［www.chinagp.net］
JIANG Q X，ZHU Y L，ZHU W J，LI X Y，et al. Accuracy and cut-off values of “five point” flap temperature and “single point” flap temperature in predicting vascular crisis［J］. Chinese General Practice，2023.［Epub ahead of print］.
© Chinese General Practice Publishing House Co.，Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 license.

non-contact infrared thermometers were used every 2 hours to measure the skin flap temperature using the "five points method" at the center point, edge at 12 o'clock, 3 o'clock, 6 o'clock, and 9 o'clock of the skin flap, the temperature readings were obtained by pausing for 3 seconds at a distance of 3cm from each site, and the average temperature of the "five points" was taken to compare with the center single point temperature of the skin flap. The "cotton buds-press method" was simultaneously used to monitor the capillary response of the skin flap and observe the color of skin flap for 5 consecutive days. **Results** A total of 66 patients with various types of skin flap surgeries were included, with males and females accounting for 59.09% (39/66), 39/66 and 40.91% (27/66), respectively. The average age was (45.17 ± 16.77) years. The changes of the "five point" flap temperature and the "single point" flap temperature from 1-5 days after surgery were the lowest on the first day after surgery, and gradually increased thereafter. The incidence of vascular crisis was 15.15% (n=10) and, which occurred mainly within 3 days after surgery, and the "five-point" flap temperature was lower than the "single-point" flap temperature (P<0.001). The receiver operating characteristic (ROC) curves of "five-point" flap temperature and "single-point" flap temperature predicting vascular crisis were plotted and the results showed that the area under curve (AUC) of "five points" flap temperature predicting vascular crisis was 0.87 (95%*CI*: 0.74-0.99), the sensitivity and specificity were 90% and 75%, the Youden index was 0.65, and the optimal cut-off value was 35.96 ℃. The AUC of "single point" flap temperature predicting vascular crisis was 0.76 (95%*CI* 0.61-0.91), the sensitivity and specificity were 70% and 71%, the Youden index was 0.41, and the optimal cut-off value was 36.18℃. **Conclusion** The "five points" flap temperature was lower than that of the "single point" flap temperature, the accuracy and authenticity of the former is slightly better than the latter in predicting vascular crisis.

【Key words】 Flap transplantation; Temperature measurement; Non-contact infrared thermometer; Vascular crisis; Prediction

皮瓣移植是烧伤整形科修复各类皮肤软组织创伤及慢性伤口的常用手术方式，皮瓣温度间接反映了皮瓣的血液供应和静脉回流状况，与皮瓣能否成活密切相关，也是皮瓣手术后护理观察的重要内容[1-3]。临床观察皮瓣温度的方法主要包括传统的手指触诊、红外线测温仪测量和红外线热成像仪测温等[2-4]。红外线测温仪因价格便宜、操作简便和准确度高成为皮瓣温度测量的新方法，在手术后皮瓣温度监测和体温测量中发挥了重要作用[2,5-7]。但是尚有以下问题不明：一是适宜的测量部位，有研究建议测量皮瓣中央部位温度作为皮瓣温度[4-5]，也有研究报告血管走行区域的皮瓣温度高于周围皮肤，建议测量皮瓣各区域温度，通过比较皮瓣各区域温度变化，观察皮瓣微循环，以早期发现皮瓣血运障碍，及时采取干预措施[8]。关于如何定位测量皮瓣温度尚无明确结论，已知的研究结果显示，红外线测温仪测量的人体皮肤腋温 > 颈温 > 额温 > 腕温[6]。二是皮瓣移植手术后皮瓣温度变化规律与血管危象的关系，现有研究报告仅报告了皮瓣温度的变化值和皮瓣温度与健侧相同部位皮肤温度的差值[4-5]，未探明皮瓣温度变化对血管危象的预测作用和临床护理的指导意义。为此，本研究基于伤口“五点测温法”原理和方法[9-10]，设计了“皮瓣五点测温法”，开展前瞻性观察研究，旨在探明“五点”和“单点”皮瓣温度差异及其预测血管危象的准确性与最佳临界值，为准确测量皮瓣温度和及早发现血管危象提供参考依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究采用便利抽样法，选择2021年1~2023年7月在东部战区总医院烧伤整形科住院接受各类皮瓣移植术的患者为研究对象，纳入其中符合纳入及排除标准的73例患者，有7例患者因手术后病情需要转科导致观察时间不足3天脱落，剩余66例配合完成术后5天的皮瓣观察资料收集。本研究获得解放军东部战区总医院伦理委员会批准（2020NZKY-027-02）。

纳入标准：（1）因创伤或慢性溃疡接受皮瓣移植手术者，部位和皮瓣类型不限；（2）年龄≥18岁；（3）意识清楚，语言沟通正常；（4）手术后生命体征正常，特别是体温 <37.5℃；（5）有皮瓣温度观察窗或皮瓣温度测量医嘱。纳入的研究对象需同时符合上述标准。

排除标准：（1）实施皮瓣移植手术失败再次接受手术者；（2）手术后使用血管活性药物或抗凝剂；（3）继发骨髓炎或恶性病变扩大切除实施的皮瓣移植手术；（4）手术后高血糖或糖尿病患者血糖控制不良；（5）下肢溃疡伴有动脉或静脉病变者；（6）有吸烟史且术前仍在吸烟者；（7）术后继发局部感染或出现体温≥37.5℃者。

本研究采用单组目标值法估计样本量[11]，课题组基于伤口“五点测温法”的原理和方法[9-10]，设计了“皮瓣五点测温法”，即采用非接触式红外线测温仪测量“皮

瓣中心点、12 点、3 点、6 点和 9 点”五个部位的温度均值，与皮瓣中心点单部位温度均值比较，在 10 例患者的预实验中发现，“五点”皮瓣温度（35.6℃）和“单点”皮瓣温度（36.5℃）差值为 0.9℃。根据研究报告非接触式红外线测温仪单部位测量皮瓣温度的准确率约 75%[5]，预计采用“五点法测温”准确率能够提高至 90% 为主要评价指标（高优指标）[11]，单侧检验水准为 0.025，把握度 1-β 为 80%，采用公式：

$$n=\frac{[Z_{1-\alpha}\sqrt{\pi_0(1-\pi_0)}+Z_{1-\beta}\sqrt{\pi_1(1-\pi_1)}]^2}{(\pi_1-\pi_0)^2}$$

估计样本量为 51.84 例，考虑可能有 15% 的脱落率，最终需要纳入 52 ÷ 0.85 ≈ 62 例患者满足研究需要。

1.2 研究方法

（1）皮瓣温度测量：入组患者从手术后回到病房 2 小时后开始接受皮瓣温度测量，每 2 小时测量一次，至手术后 5 天。测温前关闭门窗，病房温度用空调统一调整至 24~25℃，因麻醉和手术导致有寒冷主诉患者给予加盖棉被，并饮用热牛奶补充热量，输液加热，直至寒冷感缓解，指导患者做深呼吸，全身放松。如果使用红外线照射局部加温者，需在移除红外线 30 分钟后测温[5]。测温方法：暴露测温部位，经过统一培训的病房护士手持非接触式红外线测温仪（国产，型号 YHW-2），距离“皮瓣中心点、12 点、3 点、6 点和 9 点”五个部位 3cm 处测温，每个部位停顿 3 秒，获取读数，取 5 个部位的温度平均值为整个皮瓣温度，以下简称“五点”皮瓣温度，同时记录皮瓣中心点的皮瓣温度，以下简称“单点”皮瓣温度。

（2）皮瓣观察：测量皮瓣温度同时，观察皮瓣颜色是否红润，有无发紫或苍白、肿胀等改变，发现异常时及时报告医生[12-14]。

（3）毛细血管再充盈反应监测：每次测量皮瓣温度后，采用“棉签压迫法”测量毛细血管再充盈反应，具体方法为无菌棉签轻按皮瓣中央皮肤至变色，快速撤除，计算皮瓣颜色恢复至正常的时间，如果颜色在 1-2 秒恢复正常，为毛细血管再充盈反应正常，如果大于 2 秒为毛细血管再充盈反应延迟[12-14]。

（4）血管危象判断：如果皮瓣温度降低（低于体温）、或皮肤颜色发生改变（发紫或苍白）和毛细血管再充盈反应延迟（2 秒以上），则可判断已经发生血管危象[15]，需要即刻报告医生，采用红外线照射促进血液循环、肝素冲洗、针刺放血等措施处理早期淤血危象[14，16-17]。

（5）质量控制：设计专用的“皮瓣观察资料收集表”，内容包括患者的一般资料（年龄、性别、主要诊断和住院身份识别 ID 号）；手术资料（麻醉方式、皮瓣类型、皮瓣部位、皮瓣面积）；皮瓣观察资料（观察时间、皮瓣温度、皮瓣颜色、皮瓣毛细血管反应、处理对策、评估护士签名）。最后通过信息化医疗系统统计每例患者的住院时间。病房主管护师以上职称者和研究生经过课题组统一培训，学习“皮瓣观察记录表”中的所有资料收集方法和记录方法，经考核熟练准确掌握才有资格参与研究。每例患者的资料由专人保管，经双人核对后建立数据库。

1.3 统计学方法

采用 Epidata 3.2 软件进行数据录入与管理，使用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。正态分布的计量资料以均数 ± 标准差表示，“五点”和“单点”皮瓣温度比较采用配对 t 检验。非正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示，组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料采用频数或百分比（%）表示，组间比较采用 $\chi 2$ 检验或 Fisher 精确概率检验。以是否发生血管危象为结局指标，利用受试者工作特征（ROC）曲线分别确定“五点”和“单点”皮瓣温度预测血管危象的曲线下面积（AUC）、最佳临界值、灵敏度、特异度及约登指数。AUC 越大，准确性越高，当 AUC ≤ 0.50 表示预测结果无准确性，0.51 ≤ AUC ≤ 0.69 表示预测结果准确性较差，0.70 ≤ AUC ≤ 0.79 表示预测结果的准确性可接受，0.80 ≤ AUC ≤ 0.89 表示预测结果准确性良好，AUC ≥ 0.90 表示预测结果的准确性优异[18-19]。灵敏度为皮瓣温度判断实际发生血管危象真性患者的比例（0-100%），数值越大表示识别真性患者的能力越好[18-19]。特异度为皮瓣温度判断血管危象假性患者的比例（0-100%），数值越大表示识别假性患者的能力越好[18-19]。约登指数是评价预测结果截断值真实性指标（0-1），数值越大表示预测结果真实性越好，最大 AUC 和约登指数对应的界值为最佳截断值[18-19]。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者基本资料

研究共纳入 73 例符合条件的皮瓣移植手术后患者，有 7 例患者因手术后病情需要转科导致观察时间不足 3 天脱落，剩余 66 例配合完成术后 5 天的皮瓣观察资料收集，脱落率为 9.59%，纳入患者的平均年龄为（45.03 ± 17.00）岁，平均住院时间为（28.89 ± 16.87）天，男、女各占 59.09%（n=39）和 40.91%（n=27）。术前诊断为创伤后皮肤缺损、慢性溃疡和手术后软组织缺损的患者分别占 30.30%（n=20）、37.88%（n=25）和 31.82%（n=21），麻醉方式为全身和硬膜外麻醉的患者分别占 81.82%（n=54）和 18.18%（n=12），具体见表 1。

2.2 患者皮瓣温度测量结果

66 例皮瓣移植手术后患者的皮瓣平均面积为

（73.46±82.15）cm²，皮瓣中位面积为［49.00（27.75，90.25）］cm²。

表1 66例患者皮瓣移植手术的基本资料［例（%）］

Table 1 Basic data of 66 patients undergoing flap transplantation surgery

基本资料	数值
皮瓣部位	
躯干部	20（30.30）
上肢	11（16.67）
下肢	29（43.94）
头部	6（9.09）
皮瓣类型	
肌皮瓣	18（27.27）
筋膜皮瓣	15（22.73）
轴形皮瓣	28（42.42）
游离皮瓣	5（7.58）
皮瓣面积	
≤50 cm²	35（53.00）
>50 cm²	31（47.00）
麻醉方式	
全身麻醉	54（81.82）
硬膜外麻醉	12（18.18）

患者手术后第1天、第2天、第3天、第4天和第5天的“五点”皮瓣温度均低于“单点”皮瓣温度，差异有统计学意义（$P<0.001$），见表2。手术后5天内不同皮瓣部位、皮瓣类型和皮瓣面积测得“五点”皮瓣温度均低于“单点”皮瓣温度（$P<0.005$），见表3。

2.3 有无血管危象患者的“五点”和单点皮瓣温度比较

66例患者中有10例发生血管危象（15.15%），其中包括7例静脉危象（10.61%），3例动脉危象（4.55%），主要发生于手术后3天内，静脉危象者经过及早干预后缓解，动脉危象者在2天内再次接受手术后缓解，皮瓣均愈合出院。发生血管危象的患者术后3天内“五点”皮瓣平均温度和“单点”皮瓣平均温度均低于未发生血管危象的患者，差异有统计学意义（$P<0.001$），见表4。

表4 有无血管危象者手术后3天内“五点”和“单点”皮瓣温度比较

Table 4 Comparison of temperature between "five point" and single point flaps within 3 days after surgery in patients with or without vascular crisis

组别	例数	“五点”皮瓣温度（℃）	“单点”皮瓣温度（℃）
发生血管危象	10	35.66±0.39	36.00±0.30
未发生血管危象	56	36.07±0.19	36.24±0.19
t 值		−5.359	−3.290
P 值		<0.001	0.002

2.4 皮瓣温度对术后血管危象的预测作用

手术后3天内“五点”平均皮瓣温度预测血管危象的AUC为0.87（95%*CI*：0.74–0.99），灵敏度和特异度分别为90%和75%，约登指数为0.65，对应的最佳截断值为35.96℃。手术后3天内皮瓣单点平均温度预测血管危象的AUC为0.76（95%*CI*：0.61–0.91），灵敏度和特异度分别为70%和71%，约登指数为0.41，最佳截断值为36.18℃（图1）。

3 讨论

3.1 皮瓣移植手术后监测方法和皮瓣温度对血管危象的预测作用

随着显微外科技术的发展，皮瓣移植在修复各类创伤性伤口和慢性溃疡中的应用越来越广泛。微血管血栓导致的皮瓣危象是皮瓣移植手术后最令人担忧的并发症之一，包括动脉危象和静脉危象，统称为血管危象，常常发生于手术后2天内[13，17，20–22]。及早发现皮瓣的血

表2 手术后不同时间点“五点”皮瓣温度和“单点”皮瓣温度比较（n=66）

Table 2 Comparison of "five point"and "single point" skin flap temperature at different days after surgery

手术后时间点	手术后第1天皮瓣温度	手术后第2天皮瓣温度	手术后第3天皮瓣温度	手术后第4天皮瓣温度	手术后第5天皮瓣温度
“五点”皮瓣温度（℃）	35.89±0.47	36.03±0.30	36.10±0.22	36.14±0.23	36.20±0.18
“单点”皮瓣温度（℃）	36.06±0.40	36.18±0.26	36.27±0.20	36.27±0.19	36.31±0.15
t 值	−10.814	−7.746	−9.458	−11.032	−11.126
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表3 不同皮瓣特征手术后5天内“五点”皮瓣温度和“单点”皮瓣温度比较

Table 3 Comparison of "five point" and "single point" flap temperature for different flap characteristics in five days after surgery

皮瓣特征	皮瓣部位				皮瓣类型				皮瓣面积	
	躯干部（n=20）	上肢（n=11）	下肢（n=29）	头部（n=6）	肌皮瓣（n=18）	筋膜皮瓣（n=15）	轴形皮瓣（n=28）	游离皮瓣（n=5）	≤50 cm²（n=35）	>50 cm²（n=31）
“五点”皮瓣温度（℃）	36.10±0.22	36.03±0.22	35.95±0.39	36.13±0.12	36.17±0.24	35.69±0.60	35.88±0.36	35.88±0.28	35.97±0.33	36.10±0.26
“单点”皮瓣温度（℃）	36.29±0.26	36.18±0.26	36.11±0.29	36.28±0.10	36.30±0.21	35.92±0.48	36.04±0.31	36.14±0.19	36.13±0.27	36.23±0.24
t 值	−9.747	−6.249	−3.467	−4.392	−4.574	−5.013	−7.296	−4.333	−6.578	−4.433
P 值	<0.001	<0.001	0.002	0.007	<0.001	<0.001	<0.001	0.012	<0.001	<0.001

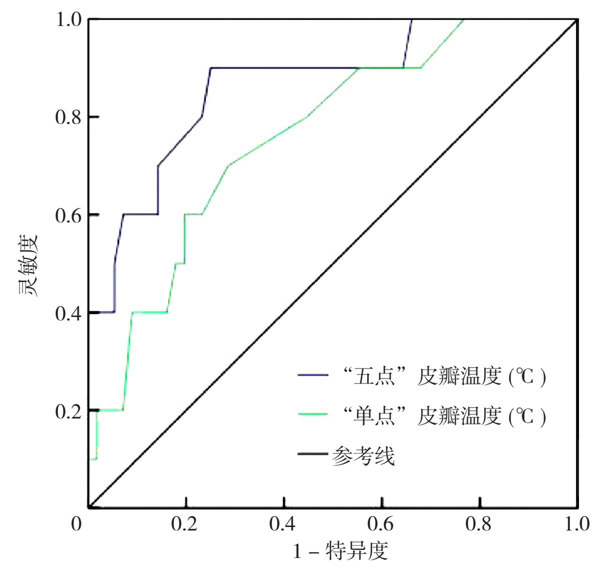


图 1 "五点"和单点皮瓣温度预测血管危象的 ROC 曲线图
Figure 1 ROC curve for predicting vascular crisis using "five point" and single point skin flap temperature

管危象是皮瓣手术后护理的重点[4-5, 8, 20]。理想的皮瓣监测技术应该有持续、精确、成本低、无创、安全、客观、可记录和可重复、高敏感预测性、易使用、适用于所有类型的皮瓣等特点[21-24]。但是，目前尚无符合上述所有条件的监测技术。虽然近年研发了近红外光谱、高光谱成像、红外线热成像和彩色多普勒等先进技术测量皮瓣血流、温度及水分，提高了判断皮瓣是否发生血管危象的精确度，但是由于先进技术流程复杂且需要昂贵的设备及人力成本，无法在临床普及应用[8, 22-28]，因此临床传统监测技术依然作为手术后早期监测皮瓣的金标准，在皮瓣监测中发挥重要作用，能够发现 95% 以上的皮瓣血管问题[21, 25-27]。这些监测技术包括无创测量皮瓣温度、人工观察皮瓣颜色和毛细血管再充盈时间、弹性监测等无创测量方法，经过培训的临床护士均能熟练掌握并反复使用上述方法[21, 25-27]。

目前争议最多的问题是不同测温方法测得皮瓣正常温度及其预测血管危象的温度存在差异，早期研究显示，采用电子皮温计测量 456 例穿支皮瓣远端和中央温度获得的手术后 1–10 天皮瓣正常温度为 29.8–31.0℃[20]。动脉危象主要是表现为皮瓣温度急剧下降 3℃以上和皮瓣苍白改变，多发生于手术后 24h 内，静脉危象主要表现为皮瓣暗红色瘀斑和整个皮瓣温度下降 1~2℃，多发生于手术后 2 天内，手术后 3 天是皮瓣的不稳定期，手术后 4 天开始趋于平稳[20]，因此监测手术后 3 天内的皮瓣温度对及早发现血管危象极为重要[2, 20]。另一项研究采用红线外测温仪非接触测量 18 例患者的皮瓣中央单点温度，发现未发生血管危象患者的平均皮瓣温度为（32.94 ± 1.55）℃，将其作为皮瓣的正常温度[5]。而本研究采用五点法和单点法测得的皮瓣正常温度和血管危象异常温度均高于前述文献报道，但低于一项回顾性研究。该研究采用红外电子温度计测量 69 例乳腺癌根治皮瓣重建乳房术患者的术后皮瓣温度[16]，也不同于一项采用红外线热成像仪监测 16 例皮瓣移植手术后患者的皮瓣温度的结果，该研究中血运良好的皮瓣整体温度与周围正常皮肤温度差在 2℃以内，血运障碍的皮瓣远端区域与近端区域皮瓣温度差大于 2℃[8]，分析原因，除了样本量不同外，可能还与监测皮瓣的设备和方法不同有关。这也是当前全球对皮瓣正常和异常温度的标准化及其预测作用和临界值尚未达成一致的主要原因[22, 25]。因此，探讨能够持续、准确、无创、安全测量皮瓣温度的方法及其预测血管危象的临界温度，既符合理想皮瓣监测技术的目标要求，也对提高临床判断血管危象具有重要意义。

3.2 "五点"皮瓣温度和"单点"皮瓣温度对血管危象的预测作用

本研究 66 例各类皮瓣患者手术后总体血管危象发生率为 15.15%，其中静脉危象发生率（10.61%）高于动脉危象（4.55%），主要发生于手术后 72h 内，此结果与 HALANI 等[24]的系统评价结果一致。手术后 1–5 天的"五点"皮瓣温度和"单点"皮瓣温度的变化规律均为术后第 1 天温度最低，此后逐渐升高，但术后"五点"法测得的每日皮瓣平均温度均低于"单点"法测得的温度，"五点"法测得的不同部位、不同类型和面积皮瓣温度也明显低于"单点"法测得的温度，差异的原因可能是："五点"包含了皮瓣中央、皮瓣边缘 12 点、3 点、6 点和 9 点五个部位温度的平均值，其中 6 点为皮瓣游离端，为"五点"中最低温度部位，也是最容易发生血管危象的部位，12 点与正常皮肤紧密连接，为"五点"中最高温度部位，"皮瓣中央"温度与 12 点温度接近，3 点和 9 点皮瓣温度接近，已有研究表明，皮瓣游离端由于血管细、血供相对较少，更容易发生血液循环不良而导致皮瓣温度降低，当皮瓣温度较周围皮肤温度低 3℃时常预示有动脉危象[29]。据此分析，"五点"皮瓣温度能更全面反映皮瓣各个方向的血液循环，与红外线热成像技术能够完整测量整个皮瓣温度而非某一局部温度的原理类似[4, 8, 12, 29]。这也可以解释本研究"五点"皮瓣温度预测血管危象的 AUC 和灵敏度高于"单点"皮瓣温度的预测作用，最佳临界值低于单点皮瓣温度的原因。结合本研究 10 例血管危象者手术 3 天内的"五点"皮瓣温度较 56 例皮瓣血液循环正常者手术 3 天内的"五点"皮瓣温度低 0.41℃，血管危象者被及早发现，采取了红外线照射、肝素冲洗和针刺放血等干预措施[14, 17]，缓解了 70% 的静脉危象，仅 3 例动脉危象皮瓣于手术后 2 天内返回手术室通过再次手术解除了危象，再



次说明准确测量皮瓣温度对血管危象有良好的的预测价值，及早发现能够避免皮瓣坏死。此外，本研究还有一个新发现，>50cm^2 的皮瓣温度高于≤ 50cm^2 皮瓣温度，可能与大面积皮瓣吻合血管较粗大、血流量较充沛有一定关系，确切原因有待于进一步探明。

3.3 结论和局限性

本研究采用两种皮瓣温度测量方法，初步探明了手术后皮瓣温度由低到高的变化规律，并发现了“五点”皮瓣温度低于“单点”皮瓣温度以及前者对血管危象的预测作用优于后者的结果，获得了“五点”法测量皮瓣温度更准确的结论，对指导临床准确测量皮瓣温度，及早发现和干预血管危象有一定的指导意义。

受研究期间符合条件的不同类型皮瓣样本量有限的影响，无法进行随机抽样组成样本，所获结果有一定局限性。未来还需要纳入更多不同类型皮瓣病例，进一步验证“五点”皮瓣温度对不同类型皮瓣发生血管危象的预测作用，以获得更为准确的结果，指导临床监测皮瓣温度。

作者贡献：蒋琪霞提出主要研究目标，负责研究的构思与设计，研究的实施；谢郝婷、王华军、李秀芸、朱玉玲，祝文君按计划进行数据的收集与整理、核对和建立数据库；蒋琪霞负责统计学处理，论文撰写和修订；蒋琪霞、袁斯明负责研究过程的质量控制与审查，对文章整体负责，监督管理。

本文无利益冲突。

蒋琪霞：http://orcid.org/0000-0003-0017-4353

参考文献

[1] 王建华，肖容，徐家余，等. 胸背穿支皮瓣游离移植修复足踝部软组织缺损的手术方法及效果[J]. 创伤外科杂志，2017，19（11）：814-817. DOI：10.3969/j.issn.1009-4237.2017.11.004.

[2] 施平，袁萍，盛誉，等. 红外线皮温仪监测断指再植术后血管危象的预警效果[J]. 南通大学学报：医学版，2020，40（4）：348-349，357. DOI：10.16424/j.cnki.cn32-1807/r.2020.04.015.

[3] 孙雅妮，郑宪友，何丹，等. 红外线热成像仪在皮瓣术后血运观察中的临床应用效果研究[J]. 华西医学，2022，37（12）：1812-1817.

[4] 郑雪红，王秀丽，赵燕丹，等. 红外线热成像仪皮温监测在组织移植再植术后护理中的应用[J]. 中华显微外科杂志，2021，44(4)：468-470. DOI：10.3760/cma.j.cn441206-20210224-00055.

[5] 黄新艳，胡三莲，侯卫华，等. 红外线测温仪测量皮瓣术后皮肤温度的应用[J]. 上海护理，2014，14（2）：47-49.

[6] 南玲，胡鹏，黄庆宁，等. 新冠肺炎疫情期间红外线非接触式测温仪对发热筛查的应用评价[J]. 中国医疗设备，2021，36(6)：146-149. DOI：10.3969/j.issn.1674-1633.2021.06.036.

[7] 汪洪军，柏成玉，王景辉，等. 红外测温仪在应对新冠疫情中的应用[J]. 中国计量，2020（5）：17-20.

[8] 熊哲祯，许律廷，刘凯. 红外热成像技术在皮瓣移植围术期检测中的应用[J]. 组织工程与重建外科杂志，2018，14（6）：331-334. DOI：10.3969/j.issn.1673-0364.2018.06.008.

[9] 蒋琪霞，朱礼霞，李晓华，等. 负压伤口治疗时两种填充敷料对伤口床温度和渗液酸碱度的影响[J]. 解放军护理杂志，2013，30(10)：3-6，18. DOI：10.3969/j.issn.1008-9993.2013.10.001.

[10] 董珊，蒋琪霞，汤雨佳，等. 给氧负压伤口治疗改善伤口微环境对组织增殖活性及血管化的影响[J]. 医学研究生学报，2020，33（4）：408-412. DOI：10.16571/j.cnki.1008-8199.2020.04.013.

[11] 曾治宇，林娜，张明东，等. 单样本率比较（单组目标值法）的样本量计算及其简便实现[J]. 中国卫生统计，2018，35(2)：313-314. DOI：10.11712/jms201904003.

[12] 汪晓霜. 红外线热成像在皮瓣移植术后循环监测中应用的系统评价[J]. 中国医学前沿杂志：电子版，2022，14（9）：54-61. DOI：10.12037/YXQY.2022.09-10.

[13] 郑劭玮，梁文仙，钟小妮，等. 持续皮温监测对断指再植血管危象的预警[J]. 中国卫生标准管理，2019，10（14）：32-34. DOI：10.3969/j.issn.1674-9316.2019.14.014.

[14] 黄小英，伏雪纯. 游离股前外皮瓣移植术后血管危象的影响因素分析与预防干预措施[J]. 护理实践与研究，2019，16(16)：68-69. DOI：10.3969/j.issn.1672-9676.2019.16.028.

[15] 付琼，彭伶丽. 皮瓣移植术后血管危象发生的影响因素分析[J]. 全科护理，2020，18（15）：1843-1845. DOI：10.12104/j.issn.1674-4748.2020.15.014.

[16] WANG Y J，WU G Y，CHU C Y，et al. Standardized skin flap warming effectively improves flap survival without obstructing temperature monitoring after DIEP[J]. Plast Reconstr Surg Glob Open，2022，10（2）：e4153. DOI：10.1097/GOX.0000000000004153.

[17] 贾飞飞，韩素琴，冯乐玲，等. 多切口肝素冲洗法在穿支皮瓣移植术后早期淤血危象中的应用[J]. 护士进修杂志，2021，36（1）：77-79. DOI：10.16821/j.cnki.hsjx.2021.01.018.

[18] 陈峰，夏结来. 临床试验统计学[M]. 北京：人民卫生出版社，2018：358-376.

[19] 蒋琪霞，周济宏，陈可塑，等. 中国46所三级医院成年住院患者压力性损伤流行病学特征及Braden量表预测作用研究[J]. 中国全科医学，2023（18）：2195-2202.

[20] 许鑫，宋秋燕，王凤岩，等. 不同皮温检测方法在穿支皮瓣移植术后护理中的应用[J]. 解放军护理杂志，2011，28（9）：12-14. DOI：10.3969/j.issn.1008-9993.2011.09.004.

[21] THIEM D G E，FRICK R W，GOETZE E，et al. Hyperspectral analysis for perioperative perfusion monitoring-a clinical feasibility study on free and pedicled flaps[J]. Clin Oral Investig，2021，25(3)：933-945. DOI：10.1007/s00784-020-03382-6.

[22] LINDELAUF A A M A，SAELMANS A G，VAN KUIJK S M J，et al. Near-infrared spectroscopy（NIRS）versus hyperspectral imaging（HSI）to detect flap failure in reconstructive surgery: a systematic review[J]. Life（Basel），2022，12（1）：65. DOI：10.3390/life12010065.

[23] LINDELAUF A A M A，VRANKEN N P A，RUTJENS V G H，et al. Economic analysis of noninvasive tissue oximetry for postoperative monitoring of deep inferior epigastric perforator flap breast reconstruction: a review[J]. Surg Innov，2020，27（5）：534-

542. DOI：10.1177/1553350620942985.

[24] HALANI S H，HEMBD A S，LI X C，et al. Flap monitoring using transcutaneous oxygen or carbon dioxide measurements [J]. J Hand Microsurg，2022，14（1）：10-18. DOI：10.1055/s-0040-1718862.

[25] KNOEDLER S，HOCH C C，HUELSBOEMER L，et al. Postoperative free flap monitoring in reconstructive surgery-man or machine? [J]. Front Surg，2023，10：1130566. DOI：10.3389/fsurg.2023.1130566.

[26] KOHLERT S，QUIMBY A E，SAMAN M，et al. Postoperative free-flap monitoring techniques [J]. Semin Plast Surg，2019，33（1）：13-16. DOI：10.1055/s-0039-1677880.

[27] CUCCOLO N G，SPARENBERG S，IBRAHIM A M S，et al. Does age or frailty have more predictive effect on outcomes following pedicled flap reconstruction? An analysis of 44 986 cases [J]. J Plast Surg Hand Surg，2020，54（2）：67-76. DOI：10.1080/2000656X.2019.1688166.

[28] THIEM D G E，RÖMER P，BLATT S，et al. New approach to the old challenge of free flap monitoring—hyperspectral imaging outperforms clinical assessment by earlier detection of perfusion failure [J]. J Pers Med，2021，11（11）：1101. DOI：10.3390/jpm11111101.

[29] XIE R J，LIU Q L，ZHANG Y，et al. A wireless infrared thermometry device for postoperative flap monitoring: proof of concept in a porcine flap model [J]. Int Wound J，2023，20（6）：1839-1848. DOI：10.1111/iwj.14034.

（收稿日期：2023-09-21；修回日期：2023-10-26）
（本文编辑：曹新阳）